

EFEITO DE TEMPERATURAS ALTAS NO SISTEMA FOTOSSINTÉTICO E NA PRODUÇÃO DE TUBÉRCULOS EM GENÓTIPOS DE BATATA (*Solanum tuberosum*)

RUTH ELENA GUZMÁN-ARDILES¹; EDUARDA WINTER GARCIA²; VINÍCIUS MACHADO MOMBACH³; JOSÉ FAUSTINI DE OLIVEIRA⁴; CAROLINE MARQUES CASTRO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – guzard.re@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas/Bolsista PIBIC CNPq – eduarda-winter@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas/Bolsista PIBIC FAPERGS – vinicius.machado-mombach@gmail.com

⁴Embrapa Clima Temperado – jose.faustini@embrapa.br

⁵Embrapa Clima Temperado – caroline.castro@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum*), originária dos Andes peruanos bolivianos, é a terceira cultura alimentar mais importante a nível mundial depois do trigo, do arroz, e do milho, com 16,5 milhões de hectares cultivados em 2020 (FAO, 2022). É originária de climas frios, porém atualmente é cultivada no mundo todo, por tanto, nos mais diversos ambientes edafoclimáticos. No Brasil, a batata foi introduzida por imigrantes europeus no final do século XIX (FEDALTO, 1982) e atualmente são cultivadas perto de 117 mil hectares (FAO, 2022), sendo os principais estados produtores Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SILVEIRA WREGÉ *et al.*, 2004), os quais tem clima tropical e subtropical. Nas regiões tropicais onde a batata é produzida, as altas temperaturas interferem negativamente na produção e qualidade dos tubérculos (GANDOLFI BENITES, 2007), com isso, o programa de melhoramento genético de batata no Brasil tem como um dos seus objetivos a obtenção de cultivares tolerantes às altas temperaturas (MARTI EMYGDIO *et al.*, 2020).

A fisiologia vegetal é uma ferramenta importante no melhoramento de plantas cultivadas, pois permite a identificação dos processos que são afetados em resposta ao ambiente, para posteriormente potencializar mecanismos na planta que se adaptem aos ambientes inicialmente não favoráveis. O estudo do efeito das altas temperaturas na produção de batata tem mostrado diversidade de respostas nas plantas testadas, dependendo das condições de cultivo, do estado fenológico e do genótipo, além do momento em que o estresse foi aplicado (DEMIREL *et al.*, 2017; OBIERO; MILROY; BELL, 2020).

Desta forma, estudos fisiológicos sobre o efeito das altas temperaturas no crescimento e desenvolvimento da batata ainda são necessários para elucidar o efeito destas na fisiologia da planta e como isto afeta na produção. Assim, o presente trabalho teve como objetivo conhecer o efeito das altas temperaturas no sistema fotossintético e na produtividade em batata.

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em ambiente controlado, em câmaras de crescimento, na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, no estado de Rio Grande do Sul, Brasil, de Outubro de 2021 a Janeiro de 2022. Foram avaliados em cinco

clones avançados do programa de melhoramento genético de batata, juntamente com três cultivares. O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 8x3 (8 genótipos de batata e 3 temperaturas), com três repetições.

Os tubérculos foram plantados em esponja fenólica no dia 4 de Outubro de 2021 e quinze dias após o plantio foram transplantados para vasos de 5 litros e colocados em câmaras de crescimento. Cada câmara foi configurada com fotoperíodo de 12 h e as seguintes temperaturas: câmara 1 (C1), tratamento controle, amplitude térmica de 14 a 27° C; câmara 2 (C2), calor extremo, 24 a 34° C; câmara 3 (C3), calor intermediário, 17 a 29° C.

Aos 20 e aos 47 dias após a entrada do material nas câmaras de crescimento foi mensurada a fluorescência da clorofila usando um fluorômetro modelo PAM-2500 da Walz Heinz GmbH. As plantas foram previamente adaptadas ao escuro. Foram medidos os parâmetros eficiência máxima do fotossistema II (Fv/Fm), o rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y(II)), o rendimento quântico da dissipação de energia não regulada (Y(NO)) e *quenching* não fotoquímico (NPQ/4). Aos 102 dias após o plantio foi realizada a colheita e após contabilizados os tubérculos, que foram pesados e também calculado o peso médio de tubérculos (PMT).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico Genes e as médias comparadas pelo teste de Scott and Knott com 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os parâmetros avaliados a resposta diferiu ao longo do tempo. Aos 20 dias de tratamento (ddt) as plantas mostraram um Fv/Fm e um NPQ/4 menor, sendo Y(II) maior quando submetidas a estresse por calor (C2). Por outro lado, aos 47 ddt, o Fv/Fm foi menor nas plantas sob estresse intermediário (C3) e sem diferenças significativas no Y(II) e NPQ/4 em todos os tratamentos. Já o Y(NO) não mostrou diferenças significativas nas datas avaliadas. Referente à produção de tubérculos, tanto o NTT, quanto o PMT, foi menor no tratamento de estresse por calor (C2) (Fig. 1).

A medição da fluorescência da clorofila é um método utilizado para conhecer o estado do aparato fotossintético das plantas (PANTAZI; MOSHOU; BOCHTIS, 2020), mais especificamente do fotossistema II (PSII) ((MAXWELL; JOHNSON, 2000). Desta forma, as plantas que se desenvolveram em condições normais de temperatura (C1) mostram o estado fotossintético ideal, onde a eficiência máxima do fotossistema II é alta, demonstrando que a etapa de formação do aparato fotossintético foi concluído, com conteúdo de pigmentos fotossintéticos adequados para a realização da fotossíntese, além de uma adequada proteção por parte dos pigmentos carotenoides. Contudo, o Y(II) foi baixo, talvez porque nesta etapa, prévia à formação de tubérculos, o processo de respiração acontece em concomitância com o da fotossíntese (LEACH; PARKINSON; WOODHEAD, 1982). Isto mudou quando altas temperaturas foram aplicadas, havendo baixo Fv/Fm, possivelmente devido à perda parcial de captação de luz pelo complexo antena (PSHIBYTKO; KALITUKHO; KABASHNIKOVA, 2003) e a baixa capacidade que a planta teve para dissipar o calor, demonstrado pelo NPQ/4 baixo. Contudo, a deficiência fotoquímica não foi devido ao dano do aparato fotossintético, pois o Y(NO) em todos os tratamentos de calor permaneceu similar ao tratamento controle. Apesar das diferenças no Fv/Fm, o Y(II) foi maior nas plantas estressadas, seguido pelas submetidas a

estresse intermediário. Esse resultado demonstra o incremento da eficiência no uso da luz pelo PSII e da cadeia do transporte de elétrons, pela aceleração do processo fotossintético sob altas temperaturas (WOLF; MARANI; RUDICH, 1990). No entanto, aos 47 ddt, a qualidade e funcionamento do sistema fotossintético foi similar ao observado no tratamento controle.

Sendo a batata uma planta C3, esperava-se observar um efeito negativo na produtividade quântica durante todo o ciclo de vida, porém isto não aconteceu, coincidindo com pesquisas anteriores (LIZANA *et al.*, 2017). Contudo, a glicose gerada pela fotossíntese não foi destinada à formação e crescimento dos tubérculos, pois o NTT e o PMT foi menor nas plantas que receberam estresse por calor (Fig. 1e).

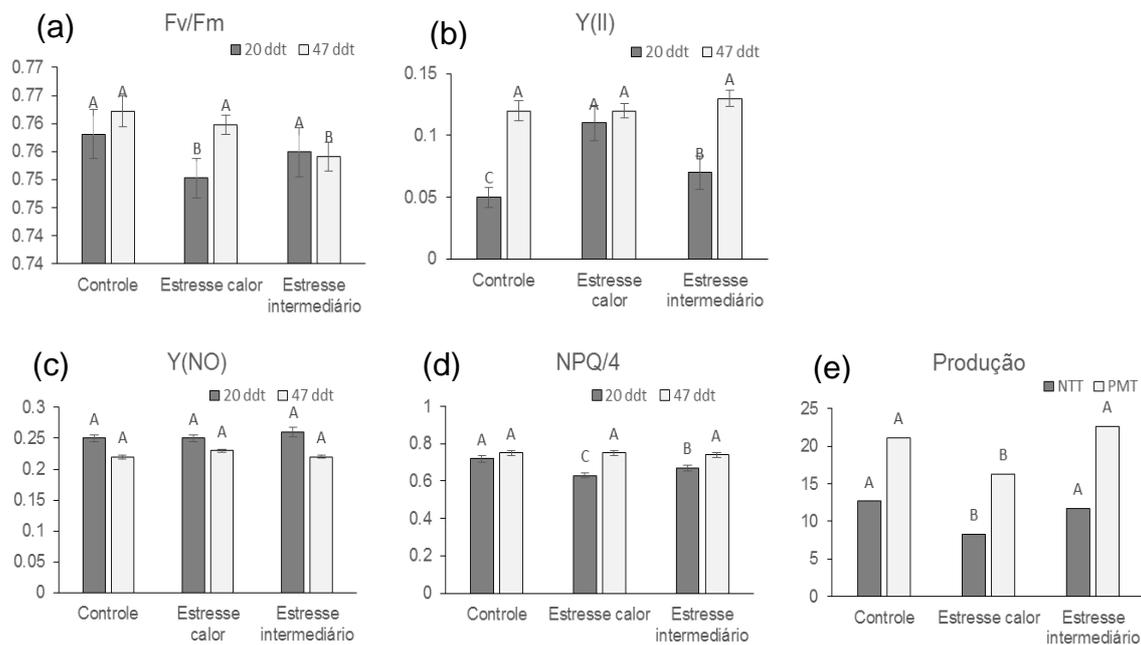


FIGURA 1: Parâmetros fluorométricos medidos em duas datas em 8 genótipos submetidos a 3 condições de temperatura: (a) Fv/Fm - eficiência máxima do fotossistema II (PSII), (b) Y(II) - rendimento quântico efetivo do PSII, (c) Y(NO) - rendimento quântico da dissipação de energia não regulada, (d) NPQ/4 - *quenching* não fotoquímico, (e) Produção de batata obtido aos 87 dias de tratamento, medido pelo número total de tubérculos (NTT) e peso médio de tubérculos (PMT). *Letras iguais denotam similitude estatística entre os tratamentos na mesma data de avaliação.

4. CONCLUSÕES

Nos genótipos testados, as altas temperaturas ocasionaram decréscimos na eficiência do processo fotossintético tanto na capacidade de absorção da luz quanto na translocação dos fotossintatos ao tubérculo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMIREL, U.; ÇALIŞKAN, S.; YAVUZ, C.; TINDAŞ, İ.; POLGAR, Z.; VASZILY, Z.; CERNÁK, I.; ÇALIŞKAN, M. E. Assessment of morphophysiological traits for selection of heat-tolerant potato genotypes. **Turkish Journal of Agriculture and**

- Forestry**, vol. 41, no. 3, p. 218–232, 2017. <https://doi.org/10.3906/tar-1701-95>.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. 17 Feb. 2022. **FAOSTAT**. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed on: 25 Jul. 2022.
- FEDALTO, A. A. **Avaliação de produtividade de tubérculos de plantas oriundas de sementes sexuadas de batata (*Solanum tuberosum* L.) e da primeira geração de propagação vegetativa**. 1982. 70 f. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.
- GANDOLFI BENITES, F. R. **SELEÇÃO RECORRENTE EM BATATA VISANDO TOLERÂNCIA AO CALOR**. 2007. 90 f. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- LEACH, J. E.; PARKINSON, K. J.; WOODHEAD, T. Photosynthesis, respiration and evaporation of a field-grown potato crop. **Annals of Applied Biology**, vol. 101, no. 2, p. 377–390, Oct. 1982. DOI 10.1111/j.1744-7348.1982.tb00834.x. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1982.tb00834.x>.
- LIZANA, X. C.; AVILA, A.; TOLABA, A.; MARTINEZ, J. P. Field responses of potato to increased temperature during tuber bulking: Projection for climate change scenarios, at high-yield environments of Southern Chile. **Agricultural and Forest Meteorology**, vol. 239, p. 192–201, 28 May 2017.
- MARTI EMYGDIO, B.; DA SILVA PEREIRA, A.; DA SILVA, G. O.; FERREIRA DE CARVALHO, A. D.; MARQUES CASTRO, C.; QUINTANILHA AZEVEDO, F.; HIRANO, E.; BAUER GOMES, C.; BORTOLETTO, A. C.; LOPES, C. A.; RAGASSI, C. F.; HEY CORADIN, J.; LOBATO PINHEIRO LIMA, N.; FERREIRA DUTRA, L.; JUNIOR, V. L.; OLIVEIRA JORGE, R.; FREITAS LIMA, M.; BORGES PINHEIRO, J.; REISSER JUNIOR, C.; ... MELO, P. E. Programa de Melhoramento Genético da Batata da Embrapa. **Revista Batata Show**, , p. 50–56, Oct. 2020. .
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, vol. 51, no. 345, p. 659–668, Apr. 2000. DOI 10.1093/jexbot/51.345.659. Available at: <https://academic.oup.com/jxb/article-lookup/doi/10.1093/jexbot/51.345.659>.
- OBIERO, C. O.; MILROY, S. P.; BELL, R. W. Photosynthetic and respiratory response of potato leaves of different ages during and after an episode of high temperature. **Journal of Agronomy and Crop Science**, vol. 206, no. 3, p. 352–362, 1 Jun. 2020. <https://doi.org/10.1111/jac.12391>.
- PANTAZI, X. E.; MOSHOU, D.; BOCHTIS, D. Tutorial VI: Postharvest phenotyping. *In*: XANTHOULA EIRINI PANTAZI; MOSHOU, D.; BOCHTIS, D. (eds.). **Intelligent Data Mining and Fusion Systems in Agriculture**. [S. l.]: Elsevier, 2020. p. 275–285.
- PSHIBYTKO, N. L.; KALITUKHO, L. N.; KABASHNIKOVA, L. F. Effects of High Temperature and Water Deficit on PSII in *Hordeum vulgare* leaves of various ages. **Russian Journal of Plant Physiology**, vol. 50, p. 44–51, Jan. 2003.
- SILVEIRA WREGE, M.; HERTER, F. G.; DA SILVA PEREIRA, A.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; MATZENAUER, R.; PAES DE CAMARGO, M. B.; BRUNINI, O.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; SAMARONE DE ALMEIDA FERREIRA, J.; DE AGUIAR SANS, L. M. **Caracterização climática das regiões produtoras de batata no Brasil**, n. 133. Pelotas: [s. n.], Dec. 2004.
- WOLF, S.; MARANI, A.; RUDICH, J. **Effects of Temperature and Photoperiod on Assimilate Partitioning in Potato Plants**. [S. l.: s. n.], 1990.